

534,438

Rec'd PCT/PTO 10 MAY 2005

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004 年 6 月 10 日 (10.06.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/049526 A1(51) 国際特許分類⁷: H01S 5/022, G02F 1/377, G02B 6/42

(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/014343

(22) 国際出願日: 2003 年 11 月 12 日 (12.11.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2002-328053
2002 年 11 月 12 日 (12.11.2002) JP(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電
器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUS-
TRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒571-8501 大阪府 門真市
大字門真 1006 番地 Osaka (JP).

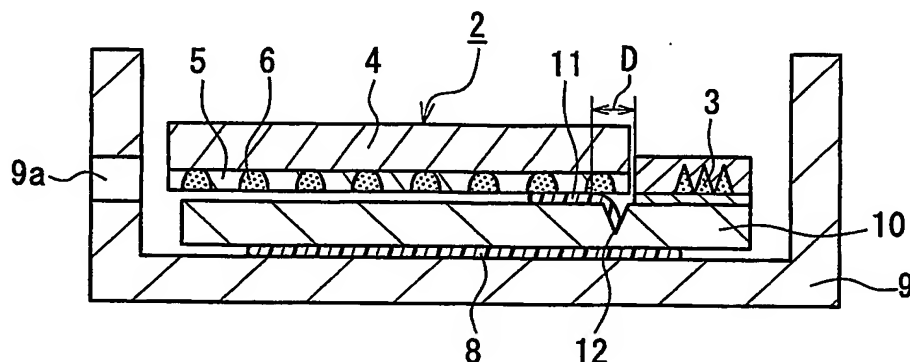
(72) 発明者; および

(73) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 森川 顕洋
(MORIKAWA, Akihiro) [JP/JP]; 〒532-0022 大阪府
大阪市 淀川区 野中南 1-4-40 Osaka (JP). 横山 敏
史 (YOKOYAMA, Toshifumi) [JP/JP]; 〒576-0054 大
阪府 交野市 幾野 4-10-203 Osaka (JP). 北岡 康夫
(KITAOKA, Yasuo) [JP/JP]; 〒567-0012 大阪府 茨
木市 東太田 3-5-B-604 Osaka (JP). 山本 和久 (YA-
MAMOTO, Kazuhisa) [JP/JP]; 〒569-1044 大阪府 高槻
市 上土室 3-30-4 Osaka (JP).(74) 代理人: 特許業務法人池内・佐藤アンドパートナ-
ーズ (IKEUCHI SATO & PARTNER PATENT ATTOR-
NEYS); 〒530-6026 大阪府 大阪市 北区天満橋 1 丁目 8
番 30 号 OAP タワー 26 階 Osaka (JP).(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,
BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,

[続葉有]

(54) Title: LASER MODULE AND ITS FABRICATION METHOD

(54) 発明の名称: レーザモジュールおよびその作製方法



(57) Abstract: A laser module comprises a sub-mount (10), a semiconductor laser (3) secured to the surface of the sub-mount (10), and an optical waveguide device (2) joined to the surface of the sub-mount through an adhesive layer (11) and optically coupled to the semiconductor laser. A first groove (12) parallel to the emission edge of the semiconductor laser with a predetermined spacing is made in the surface of the sub-mount. The first groove is so disposed in the area of the sub-mount as to correspond to the input side of the optical waveguide device. The end of the adhesive layer, on the input side of the optical waveguide device can lie in the range from the farther rim of the first groove from the semiconductor laser to the inside of the first groove. The end of the adhesive layer is out of contact with the emission edge of the semiconductor laser. Since the adhesive layer can be thus disposed in a preferable range, miscoupling due to distortion caused by a thermal change is suppressed.

(57) 要約: サブマウント(10)と、サブマウント表面に固定された半導体レーザ(3)と、半導体レーザと光結合するよう、サブマウント表面に接着剤層(11)により接合された光導波路デバイス(2)とを備える。光導波路デバイス入射端側に対応する領域のサブマウント表面に、半導体レーザ出射端面と平行に所定の間隔を設けて第1の溝(12)が形成されている。接着剤層は、光導波路デバイス入射端側における端縁が、第1の溝の半導体レーザから遠い側の縁に接する位置から第1の溝内に亘る範囲に位置し、かつ半導体レーザ出射端面には接触しないように形成されている。接着剤層を好適な範囲に位置させることができるので、熱変化による歪みに起因して生じる結合ズレを抑制することができる。

WO 2004/049526 A1



DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,

TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告書
- 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受領の際には再公開される。

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

レーザモジュールおよびその作製方法

技術分野

本発明は、半導体レーザと光導波路デバイスがサブマウント上に実装
5 されたレーザモジュールおよびその作製方法に関する。

背景技術

近年、光ディスク装置は、光源の短波長化、レンズの高NA化などによって大容量化が進んできた。光源の短波長化については、コンパクト
10 ディスク装置では780nmの近赤外光を用いるのに対し、より高密度の情報再生を実現したデジタル多用途ディスク(DVD: Digital Versatile Disc)では、650nmのAlGaInP系赤色半導体レーザが用いられている。更に高密度な次世代光ディスク装置を実現するため、青色光源の実用化は必要不可欠なものとなってきた。

15 青色レーザ実現の一手段として、波長変換デバイスを用いた光導波路型擬似位相整合方式の第2高調波発生(Quasi-Phase-Matched Second-Harmonic-Generation、以下QPM-SHGと略称する)技術がある。この技術を用いたSHG青色レーザは、近年注目されている直接発光型のGaN系青色半導体レーザと比較した場合、低ノイズ(-14
20 5dB/Hz)であり、波長及び広がり角のばらつきも小さく、基本波であるAlGaAs系半導体レーザの駆動電圧が小さい(2V)等の特長を有する。また、SHG青色レーザを光ディスク用光源として使用するには、小型・軽量化することが必要不可欠であるが、プレーナ型直接結合SHG青色レーザは、結合系のレンズを必要としないため、十分な

小型化を実現することができる（例えば日本特許第 3156444 号公報、第 4－6 頁、第 7 図参照）。

図 1 3 に、プレーナ型直接結合 SHG 青色レーザモジュールの構成を示す。Si サブマウント 1 上に、光導波路型 QPM-SHG デバイス 2
5 と波長可変 DBR 半導体レーザ 3 が実装されている。SHG デバイス 2 は、x 板 MgO ドープ LiNbO₃ 基板 4 上に形成された、リッジ型光導波路 5 と周期的分極反転領域 6 により構成されている。LiNbO₃ 基板 4 は、紫外線硬化接着剤からなる接着剤層 7 により、サブマウント 1 に接合されている。サブマウント 1 は、Ag ペースト 8 により筐体状
10 のパッケージ 9 に接合されている。パッケージ 9 の壁には、SHG デバイス 2 からの出力光を取り出すための孔 9 a が設けられている。

SHG デバイス 2 は、半導体レーザ 3 が発生する基本波光と第 2 高調波光の伝搬速度のずれを、周期的分極反転領域 6 により補償し、擬似的な位相整合条件を満足するように構成されている。基本波および高調波
15 は、リッジ型光導波路 5 を導波光として伝搬するため、長い相互作用長を確保でき、高い変換効率が実現される。

このような SHG 青色レーザモジュールを小型・軽量化、低コスト化するために、各種構成部品の小型化が望まれる。そこで、SHG デバイス 2 を構成する LiNbO₃ 基板 4 の素子幅を 3 mm から 0.85 mm
20 へ、また Si サブマウント 1 については、幅を 5 mm から 2 mm へ、厚みを 0.8 mm から 0.3 mm へ縮小することで、SHG 青色レーザモジュールの小型化を試みた。

小型化に伴い、SHG デバイス 2、サブマウント 1、パッケージ 9 は、温度上昇時の膨張による影響を受け易くなった。SHG デバイス 2 は素
25 子幅が狭くなったため、接着剤層 7 の幅方向では接着面積が減少することで、接着強度の低下が起こる。またサブマウント 1 は厚みの減少に伴

い、小さな応力でも歪みやすくなり、温度上昇によるSHGデバイス2と半導体レーザ3の結合ずれが、従来のデバイスサイズに比べ層発生し易くなる。温度変化時における結合ずれは、サブマウント1への固定時のみに限らず、熱サイクル試験、高温保持試験、高温高湿試験等、モジュールの各信頼性試験においても発生する。

光導波路波長変換型SHGデバイスでは、高調波パワーである青色光パワーは、基本波である赤外光の結合パワーの二乗に比例するので、結合ずれによる赤外光結合パワーの低下が、青色光出力の顕著な低下を引き起こす。また、動作環境下での温度変化による結合ずれも発生し易くなり、SHG青色レーザの温度特性に影響が現れる。すなわち、高温動作時、例えば60℃動作時に、半導体レーザとSHGデバイスの結合効率の低下による青色出力低下が顕著になる。

また、SHGデバイスに限らず、半導体レーザと光導波路デバイス、例えば光ファイバーをサブマウント上に固定して、光結合させる場合には、結合ずれによる結合効率の低下は同様に大きな問題である。

発明の開示

本発明の目的は、半導体レーザと光導波路デバイスをサブマウント上に固定して光結合させたレーザモジュールにおいて、その作製時における温度上昇に起因する結合ずれを回避し、作製時の歩留まりを向上させることである。また、もうひとつの目的は、作製したモジュールの保存環境下、あるいは動作環境下での温度変化による結合ずれに起因する、赤外光の結合パワー、および青色光出力の低下を抑制することである。

本発明のレーザモジュールは、サブマウントと、前記サブマウント表面に固定された半導体レーザと、前記半導体レーザと光結合するように、前記サブマウント表面に接着剤層により接合された光導波路デバイスと

を備える。前記光導波路デバイス入射端側に対応する領域の前記サブマウント表面に、前記半導体レーザ出射端面と平行に所定の間隔を設けて第 1 の溝が形成されている。前記接着剤層は、前記光導波路デバイス入射端側における端縁が、前記第 1 の溝の前記半導体レーザから遠い側の縁に接する位置から前記第 1 の溝内に亘る範囲に位置し、かつ前記半導体レーザ出射端面には接触しないように形成されている。

本発明のレーザモジュールの作製方法は、サブマウントと、前記サブマウント表面に固定された半導体レーザと、前記半導体レーザと光結合するように、前記サブマウント表面に接着剤層により接合された光導波路デバイスと、前記サブマウントが固定されたパッケージとを備えたレーザモジュールを作製対象とする。

第一の作製方法は、前記光導波路デバイス入射端側に対応する領域の前記サブマウント表面に溝を形成して、前記半導体レーザを前記溝に対して出射端面が平行となるように前記溝の近傍の所定位置に固定する工程と、前記光導波路デバイス入射端側における前記接着剤層の端縁が、前記第 1 の溝の前記半導体レーザから遠い側の縁に接する位置から前記第 1 の溝内に亘る範囲に位置し、かつ前記半導体レーザ出射端面には接触しないように、前記接着剤層を付設して、前記光導波路デバイスを前記接着剤層により前記サブマウント表面に接合する工程と、前記サブマウントを前記パッケージに固定する工程とを、上記の順に備えたことを特徴とする。

第二の作製方法は、前記光導波路デバイス入射端側に対応する領域の前記サブマウント表面に溝を形成して、前記半導体レーザを前記溝に対して出射端面が平行となるように前記溝の近傍の所定位置に固定する工程と、前記サブマウントを前記パッケージに固定する工程と、前記光導波路デバイス入射端側における前記接着剤層の端縁が、前記第 1 の溝の

- 前記半導体レーザから遠い側の縁に接する位置から前記第 1 の溝内に亘る範囲に位置し、かつ前記半導体レーザ出射端面には接触しないように、前記接着剤層を付設して、前記光導波路デバイスを前記接着剤層により前記サブマウント表面に接合する工程とを、上記の順に備えたことを特徴とする。
- 5

図面の簡単な説明

- 図 1 A は、本発明の実施の形態 1 における S H G 青色レーザモジュールの断面図、図 1 B はその平面図、
- 10 図 2 は、1 箇所接合の場合における接着剤層と半導体レーザの距離に対する赤外光結合出力の関係を示す図、
- 図 3 A は、従来の S H G 青色レーザモジュールの温度特性を示す図、
- 図 3 B は、実施の形態 1 の S H G 青色レーザモジュールの温度特性を示す図、
- 15 図 4 A は、本発明の実施の形態 2 における S H G 青色レーザモジュールの断面図、図 4 B はその平面図、
- 図 5 は、2 箇所接合の場合における接着剤層と半導体レーザの距離に対する結合パワーの関係を示す図、
- 図 6 A は、本発明の実施の形態 2 における他の例の S H G 青色レーザ
- 20 モジュールの断面図、図 6 B はその平面図、
- 図 7 は、実施の形態 3 における S H G 青色レーザモジュールの作製工程図、
- 図 8 は、実施の形態 4 における S H G 青色レーザモジュールの作製工程図、
- 25 図 9 A は、本発明の実施の形態 5 における S H G 青色レーザモジュールの断面図、図 9 B はその平面図、

図 1 0 A は、本発明の実施の形態 6 における S H G 青色レーザモジュールの断面図、図 1 0 B はその平面図、

図 1 1 は、本発明の実施の形態 7 における S H G 青色レーザモジュールの平面図、

5 図 1 2 A は、本発明の実施の形態 8 における S H G 青色レーザモジュールの断面図、図 1 2 B はその平面図、

図 1 3 は、従来の S H G 青色レーザモジュールの断面図である。

発明を実施するための最良の形態

10 本発明のレーザモジュールによれば、サブマウント表面に、半導体レーザの出射端面近傍に位置するように第 1 の溝を形成することで、光導波路デバイスを固定する接着剤層の位置を、好適な範囲に制御できる。それにより、熱変化による歪みから生じる半導体レーザと光導波路デバイスの結合ズレを抑制し、赤外光の結合出力、および青色光の出力につ
15 いて、保存環境、および動作環境における信頼性が確保される。

また、溝を形成することで、光導波路デバイスを実装する際、接着剤が半導体レーザの出射端面へ回り込むことを抑制し、モジュール作製時の実装歩留まりが向上する。

本発明のレーザモジュールにおいて、前記半導体レーザの出射端面と
20 前記接着剤層の近接端縁の距離 D が $0\text{ mm} < D < 0.2\text{ mm}$ であることが好ましい。また、前記接着剤層が、前記光導波路デバイスの入射端面近傍の 1 箇所部分的に設けられている構成とすることができる。

あるいは、前記接着剤層が、前記光導波路デバイスの入射端面近傍と、
前記導波路デバイスの出射端面近傍の、少なくとも 2 箇所部分的に設
25 けられている構成にしてもよい。その場合、前記光導波路デバイスの出射端側に対応する領域の前記サブマウント表面に、前記光導波路デバイ

スの出射端面と平行に第 2 の溝が形成され、前記第 2 の溝に沿って前記出射端面近傍の接着剤層が設けられていることが好ましい。前記入射端面近傍の接着剤層の面積は、前記出射端面近傍の接着剤層の面積よりも大きいことが好ましい。

- 5 また好ましくは、前記光導波路デバイス入射端側に対応する領域の前記サブマウント表面に、前記第 1 の溝に対して平行で、前記第 1 の溝と前記光導波路デバイス出射端面の間に位置する第 3 の溝が形成された構成とする。その場合、前記第 1 の溝と第 3 の溝の距離 L_1 は、前記光導波路デバイスの長さ L に対し、 $1\text{ mm} < L_1 < L/2$ であることが好ま
- 10 しい。

- また好ましくは、前記光導波路デバイス出射端側に対応する領域の前記サブマウント表面に、前記第 2 の溝に対して平行で、前記第 2 の溝と前記光導波路デバイス入射端面の間に位置する第 4 の溝が形成された構成とする。その場合、前記第 2 の溝と第 4 の溝の距離 L_2 は、前記光導波路デバイスの長さ L に対し、 $1\text{ mm} < L_2 < L/2$ であることが好ま
- 15 しい。

- 前記光導波路デバイスの厚み T_1 は、 $T_1 < 1\text{ mm}$ であることが好ましい。また、前記光導波路デバイスの幅 W が $W < 0.85\text{ mm}$ であることが好ましい。また、前記光導波路デバイスの長さ L が $L > 10\text{ mm}$ であることが好ましい。また、前記サブマウントの厚み T_2 が $T_2 < 0.3\text{ mm}$ であることが好ましい。
- 20

 前記光導波路デバイスとして、QPM-SHG (Quasi-Phase-Matched Second Harmonic Generation) デバイスを用いることができる。また、前記光導波路デバイスとして、光ファイバーを用いてもよい。

- 25 本発明のレーザモジュールの第 1 の作製方法によれば、光導波路デバイスを 2 箇所て接着固定する際、入射端側を接着固定後に、サブマウン

トをパッケージ固定し、その後、出射端側を接着固定する。そのため、サブマウントのパッケージ固定時に熱変化による歪みから生じる結合ズレを回避することができ、赤外光の結合出力、青色光の出力の信頼性が確保される。

- 5 第二の作製方法によれば、サブマウントをパッケージに固定した後に、光導波路デバイスをサブマウント上に接着固定する。従って、サブマウントのパッケージ固定時に熱変化による歪みから生じる結合ズレを回避する効果が、第一の作製方法より大きい。

- 10 第一、または第二の作製方法において好ましくは、前記全ての工程を終了した後、前記光導波路デバイスの出射端面近傍と前記サブマウントの間に接着剤を流し込むことにより、前記光導波路デバイスの前記出射端面近傍を前記サブマウントに固定する。

以下に、本発明の各実施の形態について、図面を参照して具体的に説明する。

- 15 (実施の形態 1)

実施の形態 1 における SHG 青色レーザモジュールについて、図 1 A および 1 B を参照して説明する。図 1 A は断面図、図 1 B は平面図である。このレーザモジュールは、基本的な構成は図 1 3 に示した従来例と同様であり、同様の要素については同一の参照番号を付して説明する。

- 20 Si サブマウント 1 0 上に、光導波路型 QPM-SHG デバイス 2 と波長可変 DBR 半導体レーザ 3 が実装されている。光波長変換デバイスである SHG デバイス 2 は、x 板 MgO ドープ LiNbO₃ 基板 4 上に形成された、リッジ型光導波路 5 と周期的分極反転領域 6 により構成されている。LiNbO₃ 基板 4 は、紫外線硬化接着剤からなる接着剤層
25 1 1 により、サブマウント 1 0 に接合されている。サブマウント 1 0 は、Ag ペースト 8 により筐体状のパッケージ 9 に接合されている。パッケ

ージ 9 の壁には、SHG デバイス 2 からの出力光を取り出すための孔 9 a が設けられている。

本実施の形態では、サブマウント 10 表面に第 1 の溝 12 が形成されている。第 1 の溝 12 は、SHG デバイス 2 をサブマウント 10 上に接
5 着剤層 11 により 1箇所 で固定する際、接着剤層 11 の位置を半導体レーザ 3 の出射端近傍に制御する構造として機能する。接着剤層 11 の位置をそのように制御することで、モジュールの温度変化時における基本波結合パワー、および青色出力の安定性を確保することができる。その効果については、後で説明する。

- 10 第 1 の溝 12 は、光軸方向に対して直交するように、例えば幅 0.2 mm、深さ 50 μ m で、エッチングにより V 字型に形成されている。従って第 1 の溝 12 は、半導体レーザ 3 の出射端面に平行である。第 1 の溝 12 は、通常は、半導体レーザ 3 の出射端面に接する位置、すなわち、半導体レーザ 3 の出射端面との間隔が 0 である位置に配置すればよい。
- 15 一般的には、第 1 の溝 12 の位置は、半導体レーザ 3 の出射端面との間隔が所定の間隔になるように、接着剤層 11 を形成するための接着剤の塗布の仕方に応じて設定することができる。この第 1 の溝 12 により、次の二つの効果が得られる。

- 1 番目の効果は、第 1 の溝 12 を基準にして接着剤層 11 を位置決め
20 し、接着剤層 11 の端縁と半導体レーザ 3 の出射端面の距離 D (図 1 A 参照) を所定の範囲内に制御するのが容易になることである。距離 D は、半導体レーザ 3 の出射端面と、接着剤層 11 の近接端縁、すなわち半導体レーザ 3 に面する側の端縁の間隔である。ただし、SHG デバイス 2 の固定に寄与するのは、接着剤層 11 における SHG デバイス 2 と接合
25 している部分であるから、端縁は、接着剤層 11 における SHG デバイス 2 と接触している部分の端縁として定義される。

接着剤層 11 は、その端縁が第 1 の溝 12 の半導体レーザ 3 から遠い側の縁に接するように付設される。但し、接着剤層 11 の端縁は、一般的には直線ではなく曲線を形成しているので、「接する」とは、端縁の少なくとも一部が第 1 の溝 12 と接している状態を意味する。また、「接する」とは、「実質的に接する」状態であればよい。すなわち、第 1 の溝 12 の縁と接着剤層 11 の端縁の平面位置が一致している状態に限らず、接着剤層 11 の端縁が第 1 の溝 12 内に入り込んでいる状態を含む。また、接着剤層 11 の端縁が第 1 の溝 12 の縁から若干離間している状態も含まれる。すなわち「実質的に接する」とは、接着剤層 11 の端縁が第 1 の溝 12 に十分に近接しており、第 1 の溝 12 による位置決めの効果が得られる程度の若干の誤差範囲を含む。したがって実用上は、接着剤層 11 の端縁は、第 1 の溝 12 の半導体レーザ 3 から遠い側の縁に接する位置から第 1 の溝 12 内に亘る範囲に位置することができる。ただし、接着剤層 11 が、半導体レーザ 3 の出射端面には接触しないように配置されることを要する。

接着剤層 11 の位置は、上述の距離 D が 0.2 mm 以内になるように制御することが好ましい。第 1 の溝 12 を設けることにより、そのような位置決め制御が容易になる。距離 D を 0.2 mm 以内にするることによる効果に関して、図 2 を参照して説明する。図 2 の横軸は、半導体レーザ 3 と接着剤層 11 の距離 D を示す。●点は、本実施の形態のモジュールにおける距離 D の分布を示す。距離 D は、ほぼ 0.2 mm に制御されていることが判る。

図 2 の縦軸は、距離 D に対する赤外光結合出力の関係を示す。この関係を調べるために、SHG デバイス 2 を実装したサブマウントを、パッケージ内で位置決めした後、80℃×2H の熱処理（Ag ペースト硬化条件）を行った。図 2 に示されるように、距離 D が 0.2 mm 以下であ

る場合、パッケージへの固定後の赤外光結合出力は、パッケージへの固定前の出力と同じである。つまり、結合ずれを起こすことなく、パッケージ内にサブマウントを固定することができていることを示す。上述のとおり、本実施の形態のモジュールの場合、距離Dをほぼ0.2 mmに
5 制御することが可能であるため、結合ずれは十分に抑制される。なお、図2に示されるように、距離Dが0.2 mm以下であれば赤外光結合出力が維持されるので、距離Dが0.2 mm以下になるように制御してもよい。

一方、図2に示す■点は、従来のサブマウントを使用したモジュール
10 構造（図13）の場合の、作製されたモジュールにおける距離Dの分布を示す。第1の溝12が形成されていないため、接着剤の塗布位置を制御できず、距離Dが、0.2 mmを超えてばらついている。距離Dが0.2 mmを超えた場合には、パッケージ固定後のSHGデバイス2の結合ずれが大きくなり、赤外光結合出力の低下が増大する。

15 SHGデバイスを構成するLiNbO₃基板、Siサブマウント、およびパッケージ材料であるCuは、それぞれ線膨張係数が異なる。そのため、パッケージへの固定のための熱処理の工程時には、常温である25℃から80℃に上昇することにより、各材料が互いに異なる膨張量を持ち、接着剤による固定点を基点として歪みが生じる。接着剤層が半導
20 体レーザの出射端面に近い場合は、温度上昇時の歪みがあってもSHGデバイスの固定位置は保持され、結合ずれを起こさない。しかしながら、接着剤層が半導体レーザの出射端面から遠い場合は、歪みによる結合ずれは、温度上昇時に赤外光結合出力が低下するほどに大きくなる。

歪みによる結合ずれが発生し易くなる主な要因としては、以下の条件
25 が挙げられる。

1) SHG素子幅が狭い（例えば0.85 mm）ことによる接着面積

減少から起きる接着強度低下

2) SHG素子長が長い(10~12mm)ことによるSHG素子の光軸方向における撓み

3) Siサブマウントが薄い(例えば0.3mm)によるSiサブマ
5 ウントの歪み

モジュールの小型化を実現するためには1)、3)に示すようにSHG素子幅の狭窄化、およびSiサブマウントの薄板化は必要である。またモジュールの高出力化を実現するには高い変換効率が必要であり、そのため相互作用長を長くするには2)のSHG素子長の確保も必要である。
10 る。本実施の形態のように、Siサブマウント10に第1の溝12を形成し、接着剤層11の位置を制御することにより、1)~3)に示したデバイス構造を確保した状態で、パッケージへの固定後のSHG素子2の結合ずれを回避することができる。

このことを考慮すると、本実施の形態の構成は、以下のようなレーザ
15 モジュールに適用するのに、特に効果的である。

光導波路デバイスの厚み T_1 が $T_1 < 1\text{ mm}$ である。このような薄型の光導波路デバイスは、基板厚みが薄いので、コスト面、およびモジュール小型化の面で有効である。

光導波路デバイスの幅 W が $W < 0.85\text{ mm}$ である。1ウエハあたりのデバイス取れ数を増やすことができるため、コストダウンが可能であり、またモジュール小型化にも有効である。
20

光導波路デバイスの長さ L が $L > 10\text{ mm}$ である。光導波路デバイスの長さを長くすることで変換効率が向上し、高出力化に有効である。

サブマウントの厚み T_2 が $T_2 < 0.3\text{ mm}$ である。サブマウント基板を薄くすることができるため、コストダウン、およびモジュールの小型化の面で有効である。
25

第1の溝12を設けることによる2番目の効果は、接着剤層11を形成するための紫外線硬化剤が、塗布後SHGデバイス2の実装中に、半導体レーザ3の端面へ流れ込むことを防止する作用を有することである。これについて、以下に説明する。

- 5 図13に示したような溝の形成されていないサブマウント1を使用した場合について、温度変化時における結合ズレを回避するために、接着剤層7を半導体レーザ3出射端面に対して、距離を0.2mm以内に近接させるように試みた。そのために、半導体レーザ3の出射端面近傍に接着剤を塗布すると、SHGデバイス2の位置決め中に接着剤が半導体
- 10 レーザ3のほうへ移動し、半導体レーザ3の端面に回り込むことが頻繁に発生した。半導体レーザ3端面に接着剤が回り込むと、半導体レーザ3の発光時に出射端面が劣化し、パワー低下を引き起こす。これに対して、本実施の形態のように溝を形成した場合には、接着剤の半導体レーザ3端面への回り込みを回避でき、SHGデバイス2の実装歩留まりが
- 15 向上する。

- 第1の溝12の位置は、半導体レーザ3の出射端面との間隔が0~0.2mmの範囲内になるように設定することが好ましい。その範囲であれば、第1の溝12を基準にして、接着剤層11の端縁と半導体レーザ3の出射端面の距離Dを、0.2mm以内に制御するが容易である。また、
- 20 第1の溝12の幅は、0.2mmより小さいことが望ましい。溝幅がそれ以上になると、接着剤層11と半導体レーザ3の距離を0.2mm未満に制御し難くなり、温度変化時に位置ずれを起こす。溝幅が狭くなるほど、接着剤層11の位置を望ましい範囲に制御し易くなるが、反面、接着剤が半導体レーザ3側、あるいはSHGデバイス2の導波路部に回り込み易くなる。その際は、逃げ溝を設けたり、あるいは溝深さを深くすることで、接着剤の回り込みを回避することができる。なお、第1
- 25

の溝 1 2 に流れ込んだ接着剤も、接着剤層厚みによっては S H G デバイス 2 を接合する機能を果たすので、接着剤層 1 1 の位置は、そのことも考慮して設定する必要がある。

さらに、本実施の形態によれば、接着剤層 1 1 が、S H G デバイス 2
5 に対しても、その入射端面近傍（入射端から 0. 2 mm の位置）に位置することになる。通常、半導体レーザ 3 の出射端面と S H G デバイス 2 の入射端面は、ほぼ 0 μ m の間隔で直接結合させられるからである。接着剤層 1 1 が S H G デバイス 2 の入射端面近傍に位置することにより、温度上昇時における S H G デバイス 2 の光軸方向の膨張による影響を、
10 以下のとおり軽減できる。

S H G デバイス 2 における接着剤による固定位置よりも入射端側の部分が温度上昇時に膨張する距離は、固定位置が S H G デバイス 2 の入射端面から離れるほど長くなる。S H G デバイス 2 の線膨張係数は 1.4×10^{-6} である。従って、固定位置が S H G デバイス 2 の入射端面から 0.
15 5 mm 離れている場合、25℃から 80℃までの温度上昇に伴い、S H G デバイス 2 は光軸方向、すなわち半導体レーザ 3 出射端側に向かって、およそ 0. 4 μ m 伸びることになる。S H G デバイス 2 入射端面と半導体レーザ 3 出射端面の間隔はほぼ 0 μ m であるため、温度上昇時に S H G デバイス 2 が半導体レーザ 3 側に向かって膨張する長さが長いほど、
20 半導体レーザ 3 や S H G デバイス 2 が破損したり、結合ずれを起こしたりする可能性が高くなる。本実施の形態では、S H G 素子 2 の入射端から 0. 2 mm の位置に接着剤層 1 1 の位置を制御することができるため、25℃から 80℃の温度上昇時の光軸方向への膨張量はわずか 0. 1 μ m である。従って、S H G デバイス 2 と半導体レーザ 3 に接触による結合
25 ずれや破損が発生する可能性は、極めて低い。

次に、本実施の形態により作製した S H G 青色レーザモジュールの各

種信頼性について説明する。SHG青色レーザモジュールを光ディスク装置に搭載するためには、保存環境下、および動作環境下での各種信頼性を確保しなければならない。

はじめに、保存環境下における結合パワー、および青色光出力の信頼性について説明する。本実施の形態により作製したSHG青色レーザモジュールについて、高温連続試験（ $100^{\circ}\text{C} \times 500\text{H}$ ）、ヒートサイクル試験（ $-45^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$ （1サイクル） $\times 200$ サイクル）、および高温高湿（ $60^{\circ}\text{C} 90\% \times 500\text{H}$ ）の環境下での結合パワーの信頼性試験をおこなった。その結果、上記信頼性試験後、結合パワーは変化する
5
10
ことなく安定であることを確認した。従って、本実施の形態におけるモジュール構造が、十分な信頼性を有することが実証された。

光ディスク装置に搭載する際、SHGレーザモジュールの温度特性も重要である。SHGレーザモジュールの動作温度を $10 \sim 60^{\circ}\text{C}$ まで変化させた場合の、赤外光の結合パワー特性を測定した。図3Aおよび図3Bは、SHGデバイスの $10^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ における伝達効率の温度特性を示したものである。図3Aは、接着剤層の位置、すなわち図1に示した距離Dが 0.5mm のモジュールにおけるSHGデバイスの伝達効率の温度特性を示す。伝達効率は、モジュール完成後の赤外結合出力を、半導体レーザ単体の赤外光の出力で割った値である。伝達効率の低下は、
15
20
モジュールの温度特性の劣化を示している。

図3Aより、常温に対する温度変化が大きいほど、伝達効率の低下が大きいことがわかる。温度変化時における光導波路内の伝搬ロスの増加、あるいはレーザのスポットサイズと光導波路の導波モードサイズの変化による結合低下は非常に小さく、無視できる。従って、伝達効率低下は、
25
温度変化時にSHGデバイス2の固定位置が、SHGデバイス、接着剤層、およびSiサブマウントの、熱膨張、収縮により変化し、結合効率

が低下したことが原因であると考えられる。

一方、本実施の形態の、接着剤層位置が半導体レーザ 3 の出射端に近接したモジュールについては、図 3 B に示すように、10℃～60℃までのSHG青色レーザモジュールの伝達効率の温度特性は劣化することなく、温度に依らず安定した伝達効率を得られた。すなわち、モジュール動作環境下（ここでは10℃～60℃）においても結合パワーが安定であることを確認し、本実施の形態におけるモジュール構造が良好な温度特性を有することが実証された。

本実施の形態では、波長可変DBR半導体レーザ 3 と光導波路型QPM-SHGデバイス 2 とを直接結合した短波長レーザモジュールの例を説明したが、これに限らず、半導体レーザと光導波路デバイスが直接結合したレーザモジュールであれば、他の形態にも同様に本実施の形態の思想を適用できる。例えば、半導体レーザの種類、および波長によらず、すべての半導体レーザの場合に適用可能である。また、光導波路デバイスについても、リッジ型光導波路に限らず、プロトン交換型光導波路や、光ファイバを含め、すべての光導波路デバイスを用いる場合に適用できる。光導波路デバイスの基板材料についても、LiNbO₃に限らず、石英系光導波路等、その他の光導波路材料を用いる場合にも使用できる。

また、本実施の形態のレーザモジュールは、光ディスク装置に限らず、光通信分野等における直接結合型光導波路レーザモジュールのすべてに適用できる。

上述の実施の形態においては、サブマウント 10、およびパッケージ 9 の材料として、熱伝導に優れたSi、およびCuを用いた例を示したが、これに限られることはない。熱によるモジュールの歪みをできるだけ低減するためには、光導波路デバイス材料の線膨張係数に近いサブマウント材料、パッケージ材料を選択することがより望ましい。

サブマウント 10 への第 1 の溝 12 の形成には、上述したエッチングに限らず、カッター等による形成も適用可能である。

また、上述の例においては、SHG デバイス 2 の入射端近傍の接着剤層 11 が、半導体レーザ 3 出射端面から 0.2 mm の位置に位置決めされるように、幅 0.2 mm の第 1 の溝 12 を形成した。これに対して、第 1 の溝 12 の幅を小さくし、さらに半導体レーザ 3 に近づけることで、さらなる高温上昇時（100℃以上）の結合パワーの信頼性が確保できる。また、接着剤の塗布量を最適化することで、SHG デバイス 2 の幅方向、すなわち光軸と垂直な方向の接着剤層 11 の長さを SHG デバイス 2 の幅と同じ大きさにすると、接着強度が最大となり、結合パワーの信頼性の確保に有効である。

（実施の形態 2）

実施の形態 2 における SHG 青色レーザモジュールについて、図 4 A および 4 B を参照して説明する。このレーザモジュールは、基本的な構成は図 1 A、1 B に示した実施の形態 1 のものと同様であり、同様の要素については同一の参照番号を付して説明を簡略化する。本実施の形態においても、実施の形態 1 と同様に、光導波路デバイスが、MgO ドープ LiNbO_3 基板 4 を用いて作製した光導波路型 QPM-SHG デバイス 2 であり、半導体レーザ 3 が波長可変機能を有する DBR 半導体レーザである場合を例として説明する。

本実施の形態では、SHG デバイス 2 が Si サブマウント 10 上に、紫外線硬化接着剤からなる 2 箇所の接着剤層 11 および 13 で固定される。そして、一方の接着剤層 11 の位置を、実施の形態 1 と同様に、サブマウント 10 に設けた第 1 の溝 12 により、半導体レーザ 3 の出射端近傍に制御する構造を用いる。それにより、モジュールの温度変化時における基本波結合パワー、および青色出力の安定性を確保する。他方の

接着剤層 13 は、SHG デバイス 2 の出射端近傍に配置される。

上述のとおり、従来のモジュール構造においては、接着剤層 11 の入射端の位置が制御できないため、モジュールの温度変化時、あるいはパッケージへの固定時に、熱による材料の歪みが原因で結合パワー、青色
5 出力が低下する。特に、本実施の形態のように、SHG デバイス 2 の固定箇所を 2 点にした場合には、固定箇所 2 点を基点としてモジュール材料が歪むので、応力の逃げ場がない。そのため、固定箇所が 1 点の場合と比べると、接着剤層の位置が結合低下に大きく影響する。図 5 に、2
10 点接合の場合の、半導体レーザ 3 の出射端面と接着剤層 11 の端縁の距離 D に対する赤外光結合出力の関係を示す。図 5 に示すように、図 2 に示した 1 点固定の場合と比較すると、パッケージへの固定後に発生する結合ずれは、接着剤層 11 と半導体レーザ 3 の距離依存性がより顕著になる。

従って、Si サブマウント 10 上に、半導体レーザ 3 出射端面と平行
15 になるように、結合ずれ防止、接着剤回り込み防止用の第 1 の溝 12（幅 $0.2\text{ mm} \times$ 深さ $50\text{ }\mu\text{ m}$ ）を形成した構造は、結合ずれを回避する効果において、実施の形態 1 に比べてより顕著である。

SHG デバイス 2 を 2 箇所固定した構造は、SHG レーザを光ディスク装置に搭載する場合、記録層が 2 層の光ディスク記録再生時には特に有用である。すなわち、光ピックアップにおいては、ドライブの温度
20 変化時にも良好な信号が得られる必要がある。光ディスク装置に用いる場合、モジュール温度変化に対する発光点安定度が必要である。記録層が 2 層、高開口レンズ（例えば $\text{NA}=0.85$ 、波長 410 nm ）の光ディスクシステムでは、 $-10\sim 70^{\circ}\text{C}$ （ $\pm 40^{\circ}\text{C}$ ）の温度変化に対し、発光点移動量を水平、および垂直方向ともに $\pm 1\text{ }\mu\text{ m}$ 以下に抑える必要がある。発光点
25 の移動量が大きいと、光ディスクのトラッキングサーボがはずれるため、

再生記録動作が不安定になる。

しかしながら、通常、光ピックアップは温度変化に伴い発光点の位置ずれが生じ易い。特に、SHGデバイス2が入射端近傍の1点で固定されているSHG青色レーザの場合、バイメタル効果による発光点の移動
5 量が大きくなる傾向がある。例えば、 $\pm 40^{\circ}\text{C}$ の温度変化に対し、発光点移動量が $1\mu\text{m}$ 以上となる測定結果が得られている。その結果、発光点位置ずれが青色光2層ディスクの場合の許容量を超えて、サーボがかからない場合もあった。

これに対して、SHGデバイス2の出射端面近傍も固定すれば、バイ
10 メタル効果が抑制され、発光点の位置ズレを抑制して、良好な信号が得られる。例えば、 $\pm 40^{\circ}\text{C}$ の温度変化に対し、発光点移動量が $1\mu\text{m}$ 以下である測定結果が得られた。従って、2層ディスク対応の光ディスク装置で使用する青色レーザモジュールでは、少なくともSHGデバイス2を、入出射端面近傍位置を含んだ2箇所以上で固定することが非常に重
15 要である。

光ディスク分野に限らず、プリンタ、露光等の他分野においても、発光点近傍を固定することは望ましい。なぜなら、レーザ光源の発光点を中心として装置設計や部品の位置決め等を行っているので、発光点が熱により移動することは、すべての製品において使用上問題が発生する可
20 能性が高いからである。従って、温度変化による発光点移動量が小さい2箇所接着モジュールの有用性は高い。

以上のように本実施の形態によれば、結合パワー、青色パワーの温度変化時における信頼性を確保し、かつ発光点位置ずれ量を所望の範囲に抑制することが可能であり、実施の形態1と比較してより実用的である。
25 二箇所固定時の信頼性をより高めるには、接着剤層11、13のうち、入射端側の接着剤層11面積を出射端側の接着剤層13面積よりも大き

くすることが有効である。結合ずれの主要因は、SHGデバイス2の入射端側での位置ずれによるものなので、入射端側の接着剤層11の面積を大きくすることで接着強度を増大させることが、非常に有効である。

- また、二箇所固定以外にも、熱膨張時の歪みを軽減するため、SHG
- 5 デバイス2の中央部に固定箇所を一点設ける3箇所固定や、SHGデバイス2全面で固定する全面固定等の固定方法もある。しかしながら、固定点を多くするとタクトタイムが長くなったり、接着剤の量が増大することによりSHGデバイス2のスムーズな位置決めができなくなる、等の問題が発生するので、複数箇所固定としては2箇所固定が最適である。
- 10 また、SHGデバイス2を固定する際、入射端側の接着剤層11を、出射端側の接着剤層13よりも先に紫外線照射により硬化させることは、SHGデバイス2の実装歩留まり向上のために、非常に有効である。何故なら、そのような手順により、出射端側の接着剤層11を紫外線照射した際に発生する熱による光結合の位置ずれを回避できるからである。
- 15 なお、図4A、4BにおけるSiサブマウント10を、図6A、6Bに示すSiサブマウント14のようにすることは効果的である。Siサブマウント14には、出射端側の接着剤層13に対応する位置に、第2の溝15が形成されている。それにより、SHGデバイス2の出射端側を固定する接着剤層13を、光軸方向において正確に位置決めすることができる。接着剤層13がSHGデバイス2の出射端面に近接するほど
- 20 発光点の位置ずれ量は小さくなるので、発光点位置ずれの許容量に従い、第2の溝15の位置を決定し、接着剤層13の位置を制御する。

(実施の形態3)

- 実施の形態3におけるSHG青色レーザモジュールの作製方法について、図7Aおよび7Bを参照して説明する。この作製方法は、図4A、4Bに示したような、SHGデバイス2が2箇所で固定された構造のレ
- 25

ーザモジュールを対象とする。本実施の形態では、SHGデバイス2を
Siサブマウント10に2箇所固定する際、まず、SHGデバイス2
の入射端近傍で接着剤により1箇所固定する。次にサブマウント10を
金属パッケージ9に固定した後、SHGデバイス2の出射端側を接着剤
5 により固定する。この工程により、サブマウント10に形成された第1
の溝12の機能を活かすとともに、作製工程での加熱に起因する歪みによ
る影響を受け難くなる。

まず図7Aに示すように、Siサブマウント10表面に第1の溝12
を形成する。次に第1の溝12を基準にして波長可変半導体レーザ3を
10 実装する。

次に図7Bに示すように、Siサブマウント10上に、SHGデバイ
ス2を半導体レーザ3に対して高精度に実装する。その際、第1の溝1
2を基準にして形成した紫外線硬化樹脂からなる接着剤層11により、
SHGデバイス2を入射端側の1箇所固定する。接着剤層11が第1
15 の溝12で位置決めされることにより、SHGデバイス2は、半導体レ
ーザ3出射端面との間に0.2mmの距離を保持した状態で固定される。

次に図7Cに示すように、パッケージ9の所定の位置に、半導体レー
ザ3、およびSHGデバイス2が実装されたサブマウント10を、Ag
ペースト8を80℃×2Hで熱硬化させて固定する。

20 次に図7Dに示すように、常温下でサブマウント10とSHGデバイ
ス2の隙間に紫外線硬化樹脂を流し込み、その後流し込んだ接着剤を紫
外線照射により硬化させて、SHGデバイス2の出射端面近くを接着剤
層13により固定する。

この作製方法は、SHGデバイス2をSiサブマウント10に2箇所
25 で固定した後、サブマウント10を金属パッケージ9に固定する方法と
比べると、作製したSHG青色レーザモジュールの、常温下におけるモ

ジュールの安定性が高い。すなわち、S i サブマウント 10 をパッケージ 9 に固定するために 80℃ に加熱し、固定後に常温に戻した際、SHG デバイス 2、S i サブマウント 10、および金属パッケージ 9 の線膨張係数の差により、それぞれが歪んだ状態となる。その際、SHG デバイス 2 が 2 点で固定された状態であると、歪みを逃がすことができず、部分的なストレスがかかり易く、結合ずれの発生の原因となる。一方、本実施の形態の作製方法によれば、SHG デバイス 2 が入射端部の 1 箇所
5 所で固定された状態で上記の工程が施されるので、部分的なストレスがかかり難い。したがって結合ずれの発生が抑制される。

10 (実施の形態 4)

実施の形態 4 における SHG 青色レーザモジュールの作製方法について、図 8 A および 8 B を参照して説明する。この作製方法も、図 4 A、4 B に示したような、SHG デバイス 2 が 2 箇所
15 所で固定された構造のレーザモジュールを対象とする。本実施の形態では、まず S i サブマウント 2 をパッケージ 9 に固定した後に、SHG デバイス 2 を S i サブマウントに 2 箇所
20 所で固定する。それにより、実施の形態 3 の作製工法に比べ、熱による歪みによる影響をさらに受け難くなり、結合パワーの高い信頼性を確保できる。

まず図 8 A に示すように、S i サブマウント 10 表面に第 1 の溝 12
20 を形成する。次に第 1 の溝 12 を基準にして波長可変半導体レーザ 3 を実装する。

次に図 8 B に示すように、パッケージ 9 の所定の位置に、サブマウント 10 を、A g ペースト 8 を 80℃ × 2 H で熱硬化させて固定する。

次に図 8 C に示すように、常温下で、パッケージ 9 内に固定されているサブマウント 10 上に、SHG デバイス 2 を半導体レーザ 3 に対して
25 高精度に実装する。その際、第 1 の溝 12 を基準にして形成した紫外線

硬化樹脂からなる接着剤層 1 1 により、S H G デバイス 2 を入射端側の 1 箇所を固定する。接着剤層 1 1 が第 1 の溝 1 2 で位置決めされることにより、S H G デバイス 2 は、半導体レーザ 3 出射端面との間に 0. 2 mm の距離を保持した状態で固定される。

- 5 次に図 8 D に示すように、サブマウント 1 0 と S H G デバイス 2 の隙間に紫外線硬化樹脂を流し込み、紫外線照射により硬化させて、S H G デバイス 2 の出射端面近傍を接着剤層 1 3 により固定する。

- 本実施の形態の方法により作製した S H G 青色レーザが、実施の形態 3 の方法により作製したモジュールに比べ常温時におけるモジュールの
- 10 安定性が増す理由は以下のとおりである。すなわち、実施の形態 3 では、サブマウント 1 0 をパッケージ 9 に固定するための 8 0 °C での熱処理の際、S H G デバイス 2 は入射端側近傍の一点で固定されている。固定箇所が 1 箇所であっても、常温に戻したときには、S H G デバイス 2、S i サブマウント、金属パッケージの間に、線膨張係数の差により、S H
- 15 G デバイス 2 にはわずかながら歪みが残留する。

- これに対して、本実施の形態の作製方法によれば、S H G デバイス 2 を固定する前に熱処理を行うため、各要素間の線膨張係数の差による歪みに起因するストレスが S H G デバイス 2 にかかることがない。従って、サブマウント 1 0 上に、S H G デバイス 2 を入出射端近傍の 2 箇所
- 20 で固定し、さらにパッケージングしたレーザモジュールについて、常温下における高い信頼性を得ることができる。

なお、本実施の形態において S H G デバイス 2 を固定するために、S H G デバイス 2 の入射端近傍と出射端近傍の 2 箇所を同時に、紫外線硬化樹脂により固定する方法を用いることもできる。

- 25 (実施の形態 5)

実施の形態 5 におけるレーザモジュールについて、図 9 A、9 B を参

照して説明する。このレーザモジュールは、図 1 A, 1 B に示した構成の改良である。改良点は、Si サブマウント 16 上に、第 1 の溝 12 に平行に第 3 の溝 17 が形成されていることである。第 3 の溝 17 は、SHG デバイス 2 入射端側に対応する領域で、第 1 の溝 12 と SHG デバイス 2 の出射端面の間に位置する。第 1 の溝 12、および第 3 の溝 17 は、幅 0.2 mm、深さ 50 μ m で、エッチングにより形成されている。第 3 の溝と第 1 の溝 12 の距離 L_1 は、SHG デバイス 2 の長さ L に対して、 $1\text{ mm} < L_1 < L/2$ の範囲に設定される。

第 1 の溝 12 を設けることにより、実施の形態 1 に記載したように、半導体レーザ 3 と接着剤層 11 の距離を 0.2 mm に維持しながら SHG デバイス 2 を固定することができる。さらに、第 3 の溝 17 を設けることにより、接着面積の制御が可能である。つまり、距離 L_1 の設計によって、所望の接着剤層寸法、接着面積を精度良く得ることができる。

本実施の形態に基づく一例では、 $L_1 = 2\text{ mm}$ として、モジュール作製をおこなった。それにより、SHG デバイス 2 の長手方向における接着剤層 11 の寸法を一定に制御し、安定した接着強度を得ることができた。また、一对の対称な溝を形成することにより、接着剤層 11 の厚み分布を均一化することができ、より安定した接着強度を得ることができた。十分な接着強度を得るためには、 $L_1 > 1\text{ mm}$ とすることが効果的であった。

(実施の形態 6)

実施の形態 6 におけるレーザモジュールについて、図 10 A、10 B を参照して説明する。このレーザモジュールは、図 6 A、6 B に示した 2 箇所を固定する構成の改良である。改良点は、Si サブマウント 18 上に、第 1 の溝 12 に平行に第 3 の溝 17 が形成され、第 2 の溝 15 に平行に第 4 の溝 19 が形成されていることである。第 3 の溝 17 は、実

施の形態 5 の場合と同様である。第 4 の溝 1 9 は、S H G デバイス 2 出射端側に対応する領域で、第 2 の溝 1 5 と S H G デバイス 2 の入射端面の間に位置する。

第 4 の溝 1 9 は、第 3 の溝 1 7 と同様、接着剤面積を制御するために設けられる。すなわち、本実施の形態では、第 2 の溝 1 5 と第 4 の溝 1 9 を設けることにより、接着剤層 1 3 を、所望の接着面積、接着剤形状に制御する。そのために、第 2 の溝 1 5 と第 4 の溝 1 9 の距離 L_2 は、S H G デバイス 2 の長さ L に対し、 $1\text{ mm} < L_2 < L/2$ の範囲に設定される。

10 本実施の形態に基づく一例では、 $L_1 = 3\text{ mm}$ 、 $L_2 = 2\text{ mm}$ に設計し、モジュール作製をおこなった。それより、S H G デバイス 2 の長手方向における入射端側、出射端側の接着剤層 1 1、1 3 の寸法をそれぞれ一定に制御することができた。作製されたレーザモジュールは、安定した接着剤層寸法、接着強度を得ることができた。また、一対の対称な
15 溝を形成することにより、接着剤層の厚み分布も均一化することができるため、より安定した接着強度を得ることができた。

本実施の形態で述べたモジュール構造によれば、温度変化にともなう歪による影響を低減でき、さらに入射端、および出射端側の接着剤の強度をより高めることができる。S H G デバイス 2 の出射端側で十分な接
20 着強度を得るためには、 $L_2 > 1\text{ mm}$ とすることが効果的であった。

(実施の形態 7)

実施の形態 7 におけるレーザモジュールについて、図 1 1 を参照して説明する。このレーザモジュールは、図 1 0 A、1 0 B に示した構成の改良である。改良点は、S i サブマウント 2 0 上に形成された、第 1 ~
25 第 4 の溝 2 1 ~ 2 4 が、一定の幅ではなく、両端部で幅が広がった形状を有することである。

この溝形状によれば、幅が広がった両端部が、接着剤の溜まり部分として機能する。従って、接着剤を多めに塗布した場合であっても、接着剤が半導体レーザ 3 の端面に流れ込むことを抑制する効果が得られる。

(実施の形態 8)

- 5 実施の形態 8 におけるレーザモジュールについて、図 1 2 A、1 2 B を参照して説明する。このレーザモジュールは、光導波路デバイスとして、上述の実施の形態における SHG デバイスに代えて、光ファイバー 2 5 を用いた構成を有する。基本的な構成は、図 4 A、4 B に示したものと同様であり、サブマウント 1 0 上に形成された第 1 の溝 1 2 により
- 10 接着剤層 1 1 の位置が制御される。接着剤層 1 1 により、光ファイバー 2 5 の入射端面がサブマウント 1 0 に固定され、半導体レーザ 3 の出射端面に対して位置決めされる。光ファイバー 2 5 の出射側も、接着剤層 1 3 によりサブマウント 1 0 に固定されている。

15 産業上の利用の可能性

- 本発明によれば、光導波路デバイスを固定する接着剤層を好適な範囲に位置させて、熱変化による歪みに起因して生じる結合ズレを抑制することができる。その結果、赤外光の結合出力、青色光の出力の、保存環境、動作環境における高い信頼性が確保され、光ピックアップ等に適したレーザモジュールを、歩留まりよく作製することが可能となる。
- 20

請 求 の 範 囲

1. サブマウントと、前記サブマウント表面に固定された半導体レーザと、前記半導体レーザと光結合するように、前記サブマウント表面に
5 接着剤層により接合された光導波路デバイスとを備えたレーザモジュールにおいて、

前記光導波路デバイス入射端側に対応する領域の前記サブマウント表面に、前記半導体レーザ出射端面と平行に所定の間隔を設けて第1の溝が形成され、

- 10 前記接着剤層は、前記光導波路デバイス入射端側における端縁が、前記第1の溝の前記半導体レーザから遠い側の縁に接する位置から前記第1の溝内に亘る範囲に位置し、かつ前記半導体レーザ出射端面には接触しないように形成されていることを特徴とするレーザモジュール。

- 15 2. 前記半導体レーザの出射端面と前記接着剤層の近接端縁の距離Dが $0\text{ mm} < D < 0.2\text{ mm}$ である請求項1に記載のレーザモジュール。

3. 前記接着剤層は、前記光導波路デバイスの入射端面近傍の1箇所
20 に部分的に設けられている請求項1に記載のレーザモジュール。

4. 前記接着剤層は、前記光導波路デバイスの入射端面近傍と、前記導波路デバイスの出射端面近傍の、少なくとも2箇所に部分的に設けられている請求項1に記載のレーザモジュール。

- 25 5. 前記光導波路デバイスの出射端側に対応する領域の前記サブマウント表面に、前記光導波路デバイスの出射端面と平行に第2の溝が形成

され、前記第 2 の溝に沿って前記出射端面近傍の接着剤層が設けられている請求項 4 に記載のレーザモジュール。

6. 前記入射端面近傍の接着剤層の面積は、前記出射端面近傍の接着剤層の面積よりも大きい請求項 4 に記載のレーザモジュール。

7. 前記光導波路デバイス入射端側に対応する領域の前記サブマウント表面に、前記第 1 の溝に対して平行で、前記第 1 の溝と前記光導波路デバイス出射端面の間に位置する第 3 の溝が形成された請求項 1 に記載のレーザモジュール。

8. 前記第 1 の溝と第 3 の溝の距離 L_1 は、前記光導波路デバイスの長さ L に対し、 $1\text{ mm} < L_1 < L/2$ である請求項 7 に記載のレーザモジュール。

15

9. 前記光導波路デバイス出射端側に対応する領域の前記サブマウント表面に、前記第 2 の溝に対して平行で、前記第 2 の溝と前記光導波路デバイス入射端面の間に位置する第 4 の溝が形成された請求項 5 に記載のレーザモジュール。

20

10. 前記第 2 の溝と第 4 の溝の距離 L_2 は、前記光導波路デバイスの長さ L に対し、 $1\text{ mm} < L_2 < L/2$ である請求項 9 に記載のレーザモジュール。

11. 前記光導波路デバイスの厚み T_1 が $T_1 < 1\text{ mm}$ である請求項 1 に記載のレーザモジュール。

- 1 2. 前記光導波路デバイスの幅 W が $W < 0.85 \text{ mm}$ である請求項 1 に記載のレーザモジュール。
- 5 1 3. 前記光導波路デバイスの長さ L が $L > 10 \text{ mm}$ である請求項 1 に記載のレーザモジュール。
- 1 4. 前記サブマウントの厚み T_2 が $T_2 < 0.3 \text{ mm}$ である請求項 1 に記載のレーザモジュール。
- 10 1 5. 前記光導波路デバイスが QPM-SHG (Quasi-Phase-Matched Second Harmonic Generation) デバイスである請求項 1 に記載のレーザモジュール。
- 15 1 6. 前記光導波路デバイスが光ファイバーである請求項 1 に記載のレーザモジュール。
- 1 7. サブマウントと、前記サブマウント表面に固定された半導体レーザと、前記半導体レーザと光結合するように、前記サブマウント表面に接着剤層により接合された光導波路デバイスと、前記サブマウントが固定されたパッケージとを備えたレーザモジュールの作製方法において、
- 20 前記光導波路デバイス入射端側に対応する領域の前記サブマウント表面に溝を形成して、前記半導体レーザを前記溝に対して出射端面が平行となるように前記溝の近傍の所定位置に固定する工程と、
- 25 前記光導波路デバイス入射端側における前記接着剤層の端縁が、前記第 1 の溝の前記半導体レーザから遠い側の縁に接する位置から前記第 1

の溝内に亘る範囲に位置し、かつ前記半導体レーザ出射端面には接触しないように、前記接着剤層を付設して、前記光導波路デバイスを前記接着剤層により前記サブマウント表面に接合する工程と、

- 前記サブマウントを前記パッケージに固定する工程とを、上記の順に
5 備えたことを特徴とするレーザモジュールの作製方法。

- 1 8. サブマウントと、前記サブマウント表面に固定された半導体レーザと、前記半導体レーザと光結合するように、前記サブマウント表面に接着剤層により接合された光導波路デバイスと、前記サブマウントが
10 固定されたパッケージとを備えたレーザモジュールの作製方法において、
前記光導波路デバイス入射端側に対応する領域の前記サブマウント表面に溝を形成して、前記半導体レーザを前記溝に対して出射端面が平行となるように前記溝の近傍の所定位置に固定する工程と、

- 前記サブマウントを前記パッケージに固定する工程と、
15 前記光導波路デバイス入射端側における前記接着剤層の端縁が、前記第1の溝の前記半導体レーザから遠い側の縁に接する位置から前記第1の溝内に亘る範囲に位置し、かつ前記半導体レーザ出射端面には接触しないように、前記接着剤層を付設して、前記光導波路デバイスを前記接着剤層により前記サブマウント表面に接合する工程とを、上記の順に備
20 えたことを特徴とするレーザモジュールの作製方法。

- 1 9. 前記全ての工程を終了した後、前記光導波路デバイスの出射端面近傍と前記サブマウントの間に接着剤を流し込むことにより、前記光導波路デバイスの前記出射端面近傍を前記サブマウントに固定する工程
25 を更に備えた請求項17または18に記載のレーザモジュールの作製方法。

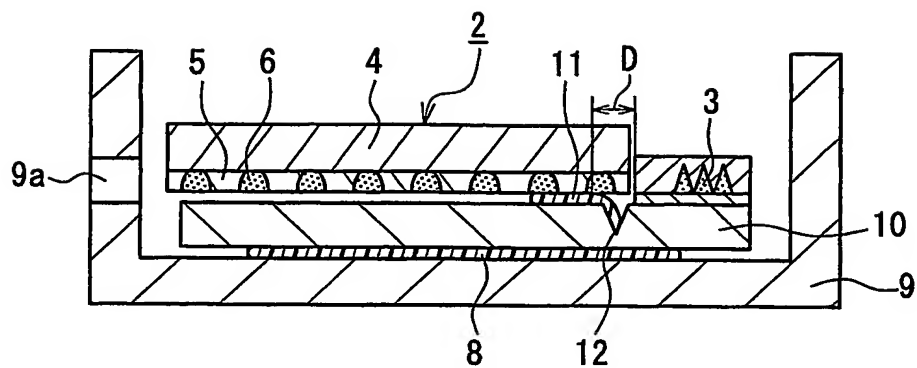


FIG. 1A

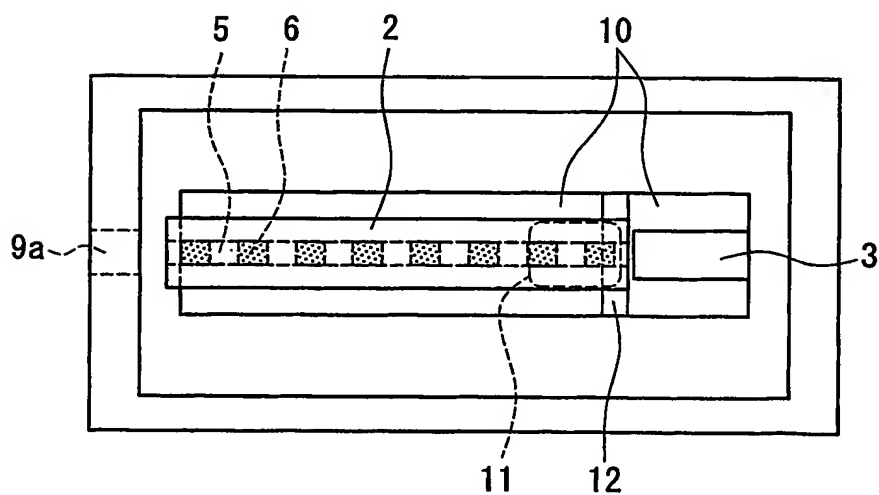


FIG. 1B

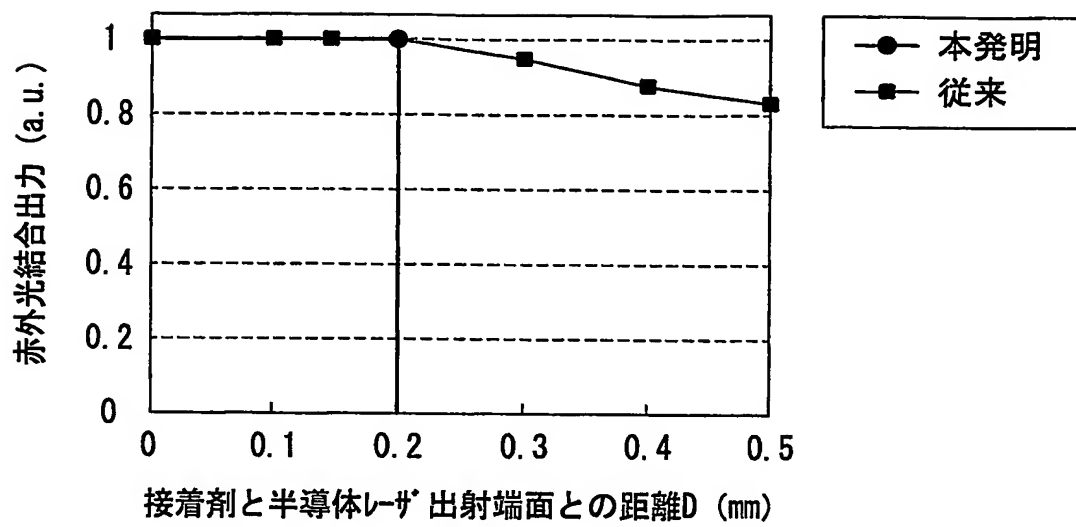


FIG. 2

従来モジュール（接着剤距離0.5mm）の温度特性

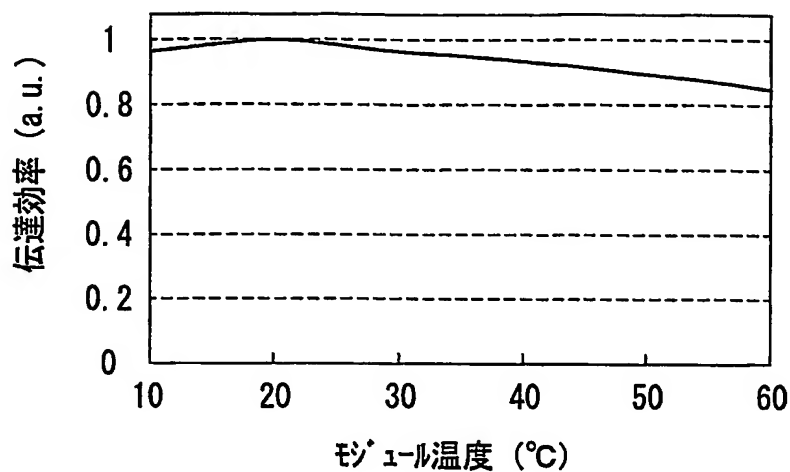


FIG. 3A

本実施の形態のモジュール（接着剤距離0.2mm）の温度特性

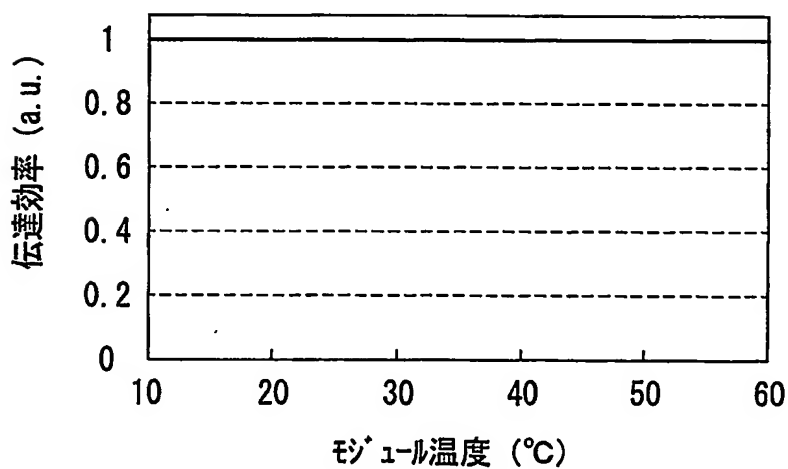


FIG. 3B

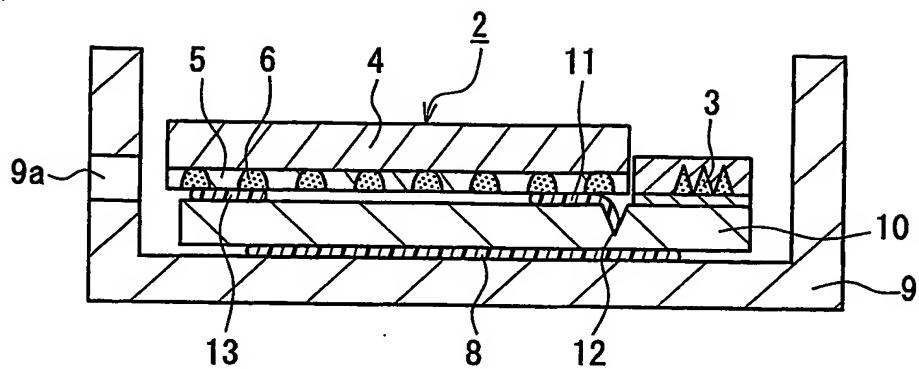


FIG. 4A

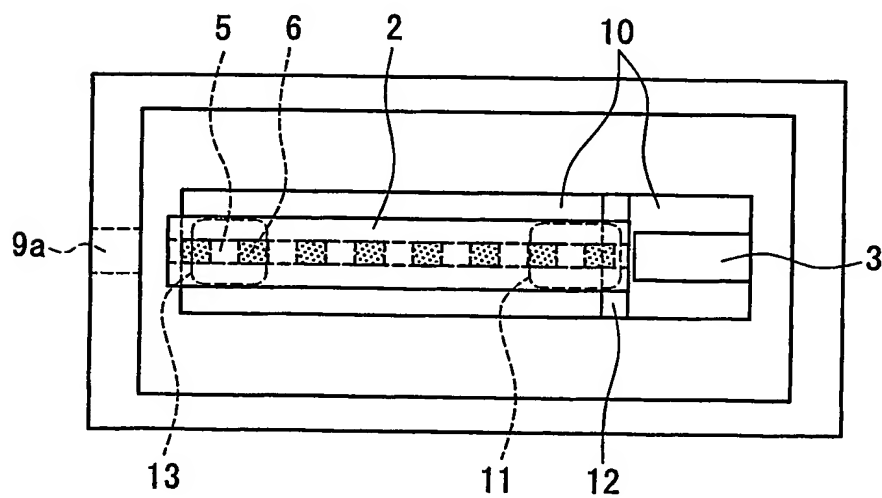


FIG. 4B

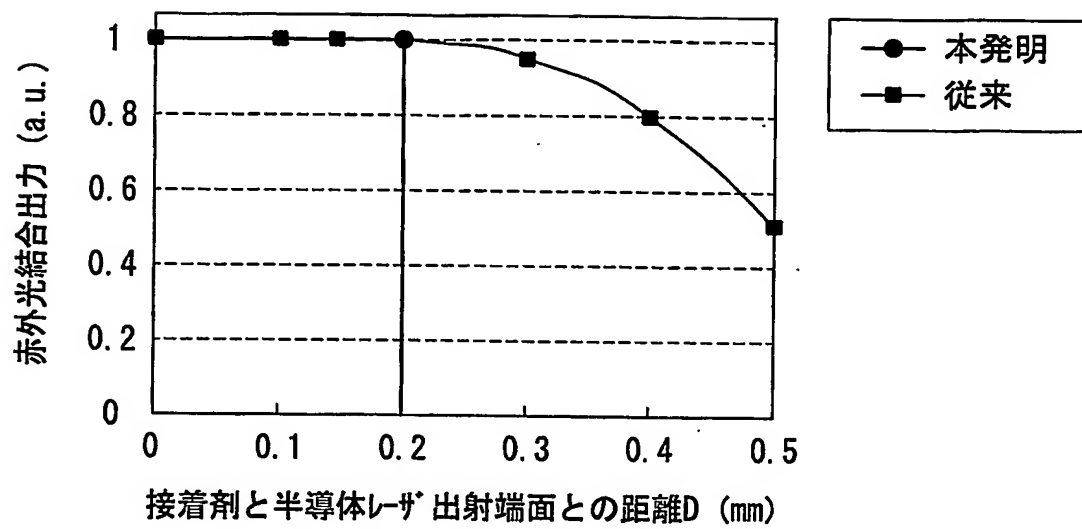


FIG. 5

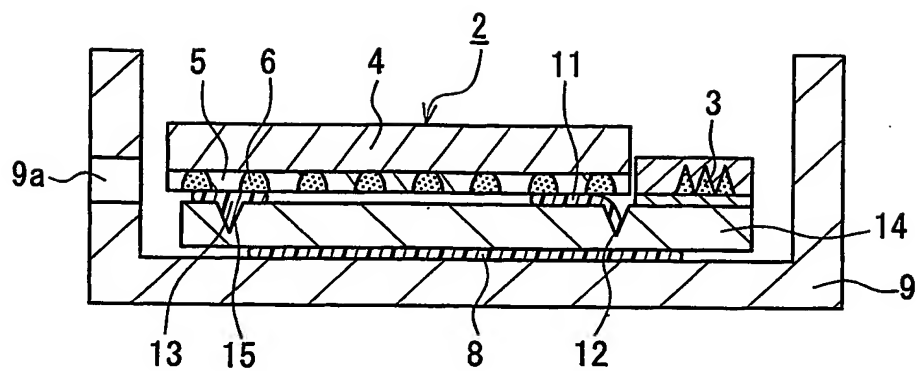


FIG. 6A

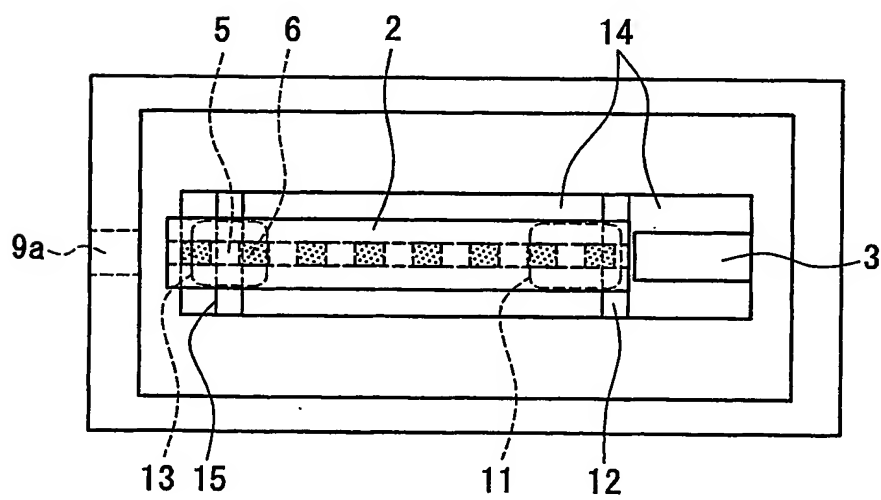


FIG. 6B

FIG. 7A

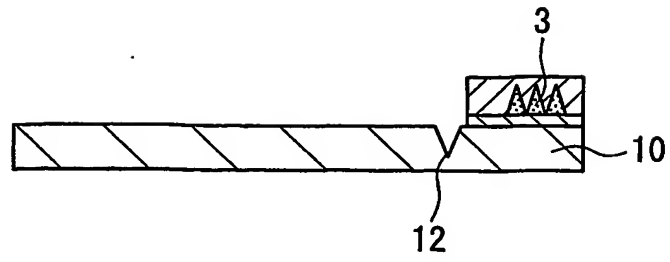


FIG. 7B

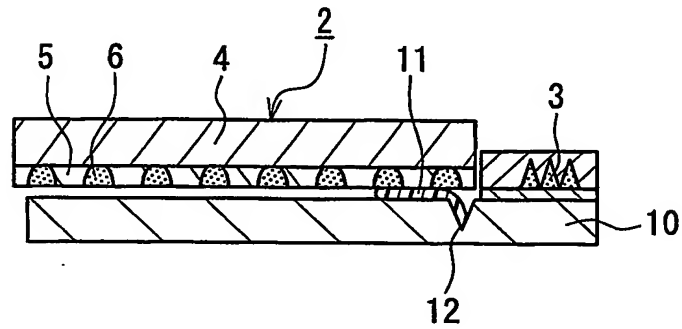


FIG. 7C

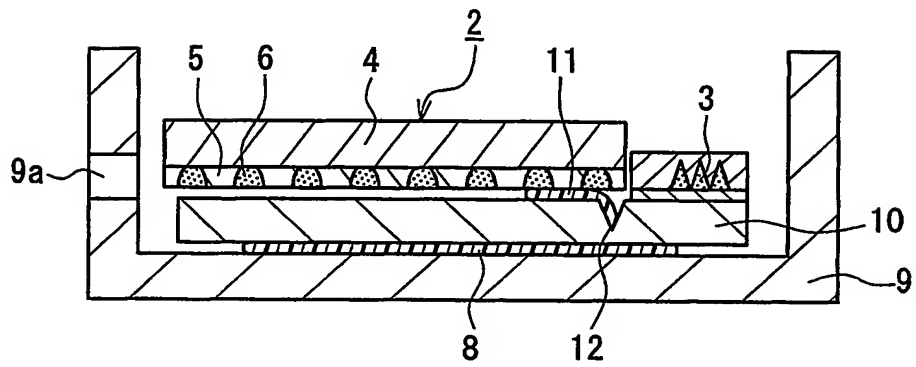


FIG. 7D

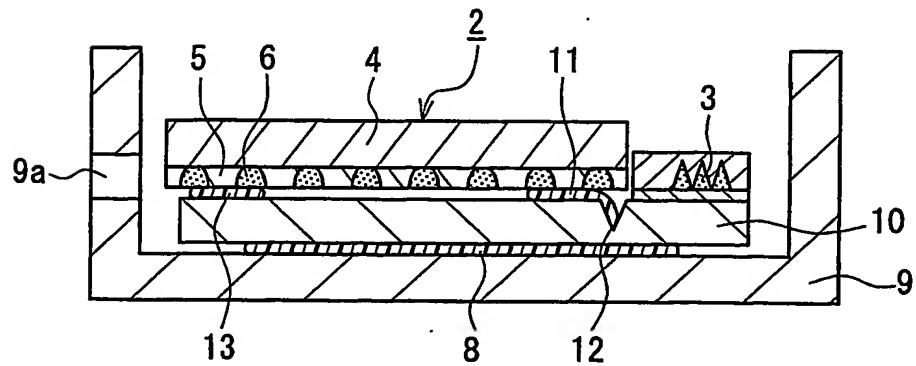


FIG. 8A

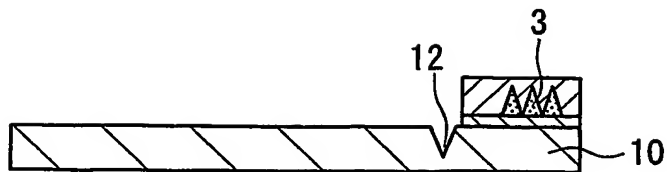


FIG. 8B

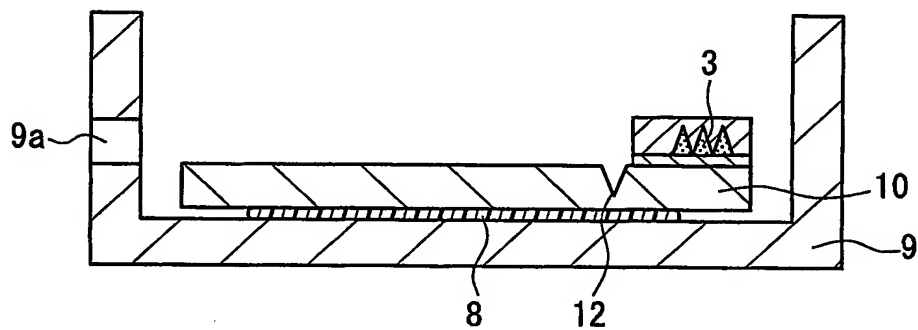


FIG. 8C

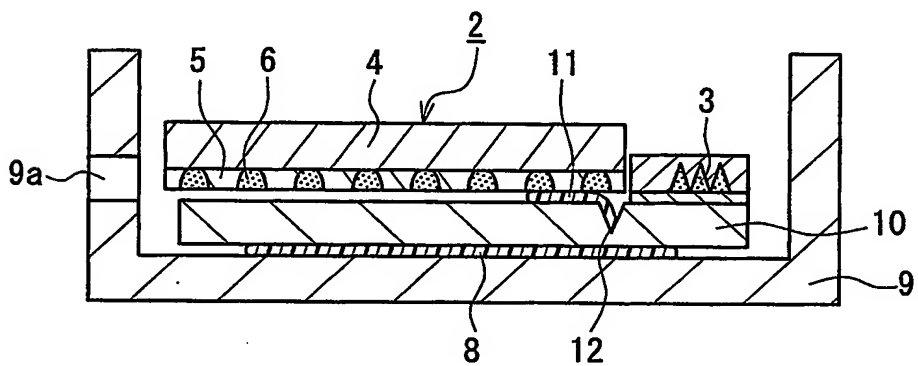
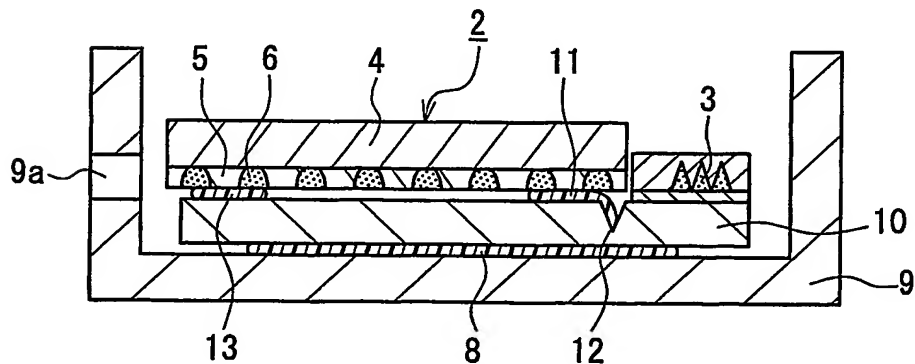


FIG. 8D



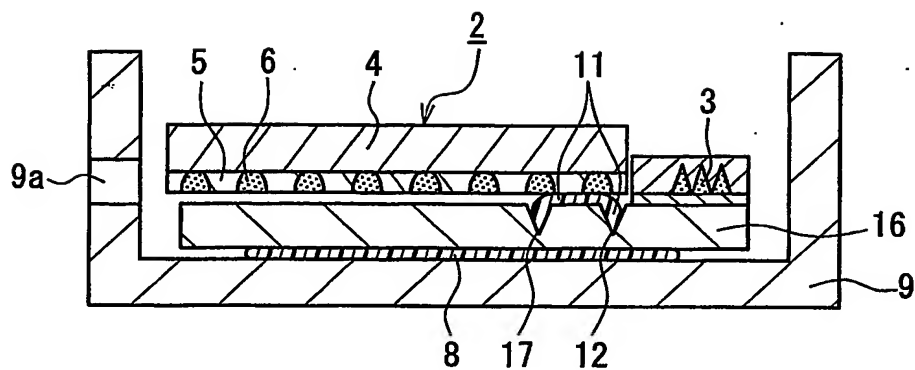


FIG. 9A

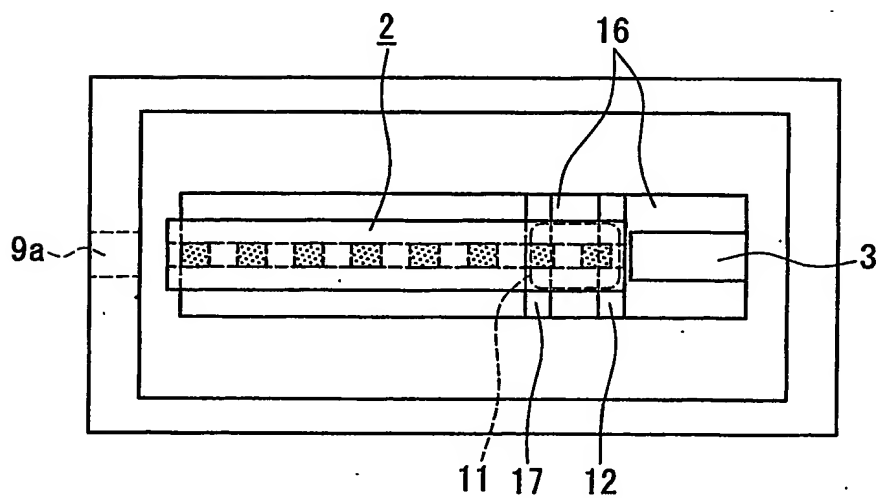


FIG. 9B

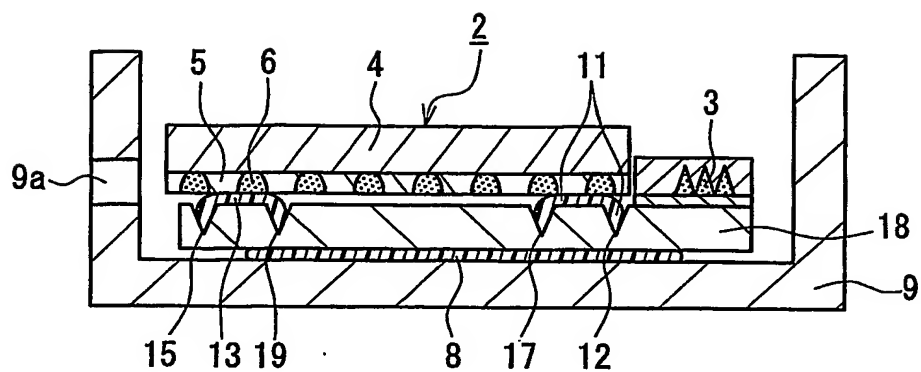


FIG. 10A

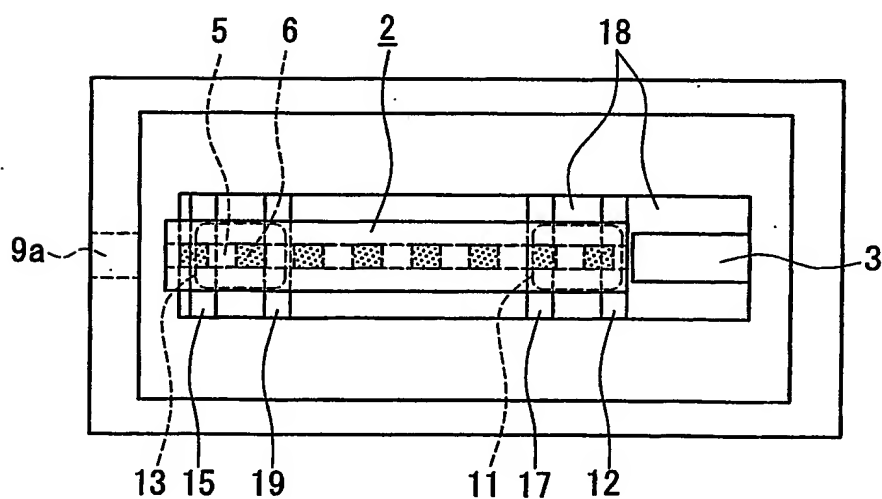


FIG. 10B

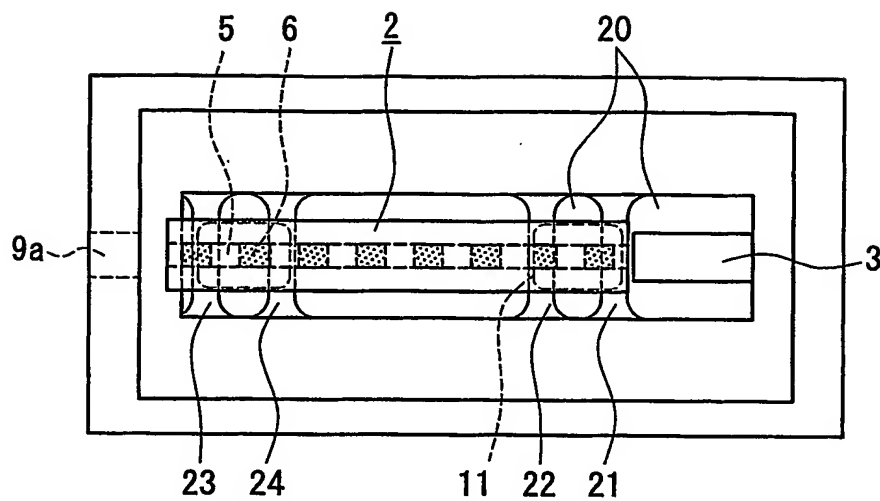


FIG. 11

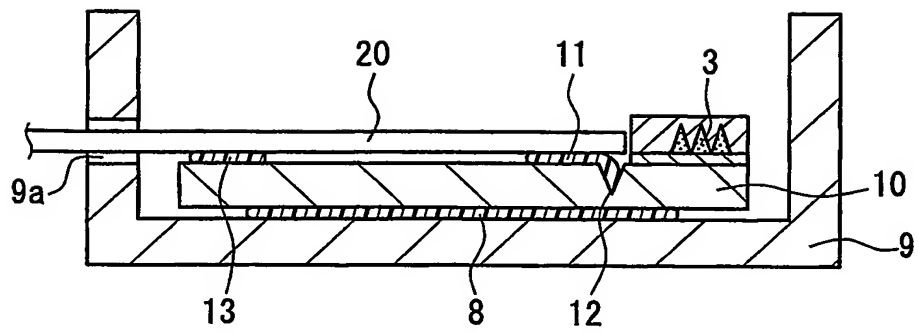


FIG. 12A

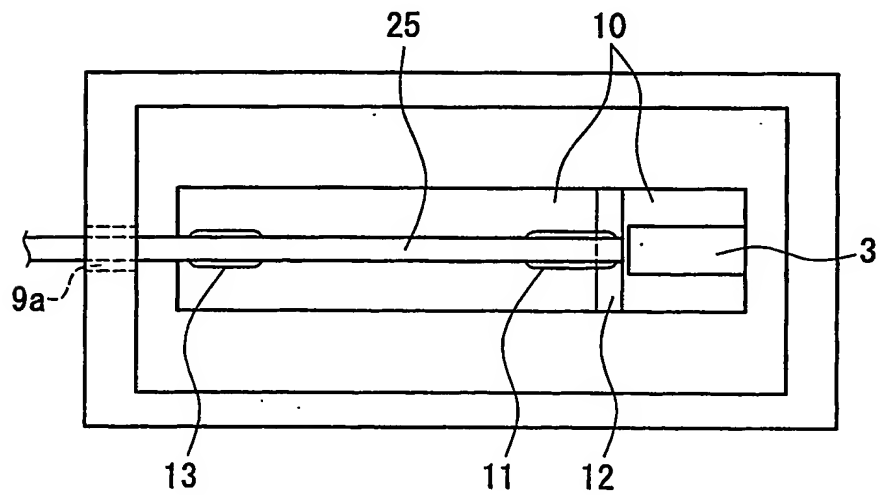


FIG. 12B

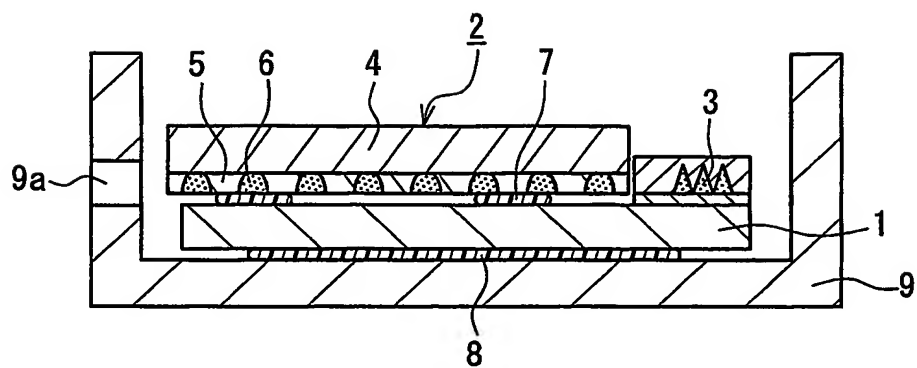


FIG. 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/14343

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01S5/022, G02F1/377, G02B6/42

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01S5/00-5/50, G02F1/29-7/00, G02B6/42

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 1041419 A1 (NEC CORP.), 04 October, 2000 (04.10.00), Fig. 3 & JP 2000-294835 A & US 6485197 B1	1, 2, 11-14, 16
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 52516/1980 (Laid-open No. 154173/1981) (Fujitsu Ltd.), 18 November, 1981 (18.11.81), Figs. 4(a), (b) (Family: none)	1, 2, 11-14, 16
Y	JP 2001-242499 A (NGK INSULATORS, LTD.), 07 September, 2001 (07.09.01), Full text; all drawings (Family: none)	1, 2, 11-15

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 April, 2004 (02.04.04)Date of mailing of the international search report
20 April, 2004 (20.04.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/14343

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-242349 A (Kyocera Corp.), 07 September, 2001 (07.09.01), Par. No. [0029] (Family: none)	1, 2, 16
Y	US 6261858 B1 (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 17 July, 2001 (17.07.01), Figs. 15, 16 & US 6327289 B1 & US 2001/48705 A1 & US 2001/53167 A1 & JP 11-289131 A	4, 5, 9, 10, 15, 16
A	EP 1193517 A2 (NGK INSULATORS, LTD.), 03 April, 2002 (03.04.02), Fig. 1 & JP 2002-107594 A & US 2002/114577 A1	5, 9, 10
A	EP 1136863 A2 (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 26 September, 2001 (26.09.01), Full text; all drawings & US 2001/24552 A1 & CN 1318760 A & US 2003/118292 A1 & JP 2001-337253 A	1-19
P, A	JP 2003-46183 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 14 February, 2003 (14.02.03), Figs. 1, 2 (Family: none)	1-19

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01S5/022, G02F1/377, G02B6/42

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01S5/00-5/50, G02F1/29-7/00, G02B6/42

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	EP 1041419 A1 (NEC CORPORATION) 2000.10.04 & JP 2000-294835 A & US 6485197 B1 FIG. 3	1, 2, 11-14, 16
Y	日本国実用新案登録出願昭55-52516号(日本国実用新案登録出願公開昭56-154173号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録したマイクロフィルム(富士通株式会社) 1981.11.18 (ファミリーなし) 第4図(a), (b)	1, 2, 11-14, 16

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
02.04.04国際調査報告の発送日
20.4.2004

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
 近藤 幸浩 印
 2K 8422
 電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き) . 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示		関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2001-242499 A (日本碍子株式会社) (ファミリーなし) 全文全図	2001. 09. 07	1, 2, 11-15
Y	JP 2001-242349 A (京セラ株式会社) (ファミリーなし) 段落0029	2001. 09. 07	1, 2, 16
Y	US 6261858 B1 (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.) FIG. 15, 16 & US 6327289 B1 & US 2001/48705 A1 & US 2001/53167 A1 & JP 11-289131 A	2001. 07. 17	4, 5, 9, 10, 15, 16
A	EP 1193517 A2 (NGK INSULATORS, LTD.) & JP 2002-107594 A & US 2002/114577 A1	2002. 04. 03 FIG. 1	5, 9, 10
A	EP 1136863 A2 (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.) 全文全図 & US 2001/24552 A1 & CN 1318760 A & US 2003/118292 A1 & JP 2001-337253 A	2001. 09. 26	1-19
P, A	JP 2003-46183 A (松下電器産業株式会社) (ファミリーなし) 図1, 2	2003. 02. 14	1-19